

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

IN RE APPLICATION OF: Naoki TSUKIJI, et al.

GAU:

SERIAL NO: 09/931,257

EXAMINER:

FILED: August 17, 2001

FOR: SEMICONDUCTOR LASER DEVICE AND DRIVE CONTROL METHOD FOR A SEMICONDUCTOR LASER DEVICE



REQUEST FOR PRIORITY

ASSISTANT COMMISSIONER FOR PATENTS
WASHINGTON, D.C. 20231

SIR:

- ☐ Full benefit of the filing date of U.S. Application Serial Number [US App No], filed [US App Dt], is claimed pursuant to the provisions of **35 U.S.C. §120**.
- ☐ Full benefit of the filing date of U.S. Provisional Application Serial Number , filed , is claimed pursuant to the provisions of **35 U.S.C. §119(e)**.
- ☒ Applicants claim any right to priority from any earlier filed applications to which they may be entitled pursuant to the provisions of **35 U.S.C. §119**, as noted below.

In the matter of the above-identified application for patent, notice is hereby given that the applicants claim as priority:

<u>COUNTRY</u>	<u>APPLICATION NUMBER</u>	<u>MONTH/DAY/YEAR</u>
JAPAN	2001-117446	April 16, 2001

Certified copies of the corresponding Convention Application(s)

- ☒ are submitted herewith
- ☐ will be submitted prior to payment of the Final Fee
- ☐ were filed in prior application Serial No. filed
- ☐ were submitted to the International Bureau in PCT Application Number .
Receipt of the certified copies by the International Bureau in a timely manner under PCT Rule 17.1(a) has been acknowledged as evidenced by the attached PCT/IB/304.
- ☐ (A) Application Serial No.(s) were filed in prior application Serial No. filed ; and
(B) Application Serial No.(s)
- ☐ are submitted herewith
- ☐ will be submitted prior to payment of the Final Fee

Respectfully Submitted,

OBLON, SPIVAK, McCLELLAND,
MAIER & NEUSTADT, P.C.

Bradley D. Lytle

Registration No. 40,073

Joseph A. Scafetta, Jr.
Registration No. 26,803



22850

Tel. (703) 413-3000
Fax. (703) 413-2220
(OSMMN 10/98)



日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2001年 4月16日

出 願 番 号

Application Number:

特願2001-117446

出 願 人

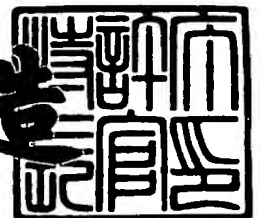
Applicant(s):

古河電気工業株式会社

2001年 7月 9日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2001-3063921

【書類名】 特許願

【整理番号】 A00927

【提出日】 平成13年 4月16日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01S 5/00
H01S 3/18
H04B 10/16
G05D 23/00

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内2丁目6番1号 古河電気工業株式会社内

【氏名】 築地 直樹

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内2丁目6番1号 古河電気工業株式会社内

【氏名】 木村 俊雄

【特許出願人】

【識別番号】 000005290

【氏名又は名称】 古河電気工業株式会社

【代理人】

【識別番号】 100089118

【弁理士】

【氏名又は名称】 酒井 宏明

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 036711

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

特 2 0 0 1 - 1 1 7 4 4 6

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0103421

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 半導体レーザ装置および半導体レーザ装置の駆動制御方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 半導体レーザ素子の近傍に設けられた温度測定素子が検出した温度をもとに該半導体レーザ素子の温度制御を行って該半導体レーザ素子が発振するレーザ光の波長制御を行う半導体レーザ装置において、

前記半導体レーザ素子の冷却および加熱を行う温度調整手段と、

前記半導体レーザ素子に加えられる駆動電流の変化を検出する電流検出手段と

前記半導体レーザ素子が発振するレーザ光の波長がほぼ一定となる前記駆動電流と前記温度測定素子が検出する検出温度との関係をもとに、前記電流検出手段が検出した駆動電流の値に対する前記温度測定素子の検出温度が前記関係を満足させるように前記温度調整手段を制御する温度制御手段と、

を備えたことを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項 2】 前記温度制御手段は、前記電流検出手段が検出した駆動電流の増加に伴って前記温度測定素子の検出温度を下げるように前記温度調整手段を制御して前記関係を維持させることを特徴とする請求項 1 に記載の半導体レーザ装置。

【請求項 3】 前記半導体レーザ素子は、回折格子を内蔵し、複数の縦モードを発振することを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の半導体レーザ装置。

【請求項 4】 前記関係は、前記半導体レーザ素子の活性層温度がほぼ一定となる前記駆動電流と前記温度測定素子が検出する検出温度との関係であることを特徴とする請求項 1 ～ 3 のいずれか一つに記載の半導体レーザ装置。

【請求項 5】 前記温度制御手段は、前記関係を保持した記憶手段を備えたことを特徴とする請求項 1 ～ 4 のいずれか一つに記載の半導体レーザ装置。

【請求項 6】 所望の波長を入力設定する設定手段と、

複数の前記関係を保持した記憶手段と、

を備え、

前記温度制御手段は、現在用いている 1 つの前記関係から、前記設定手段によ

って入力設定された所望の波長に対応する他の前記関係にシフトし、該シフトした関係をもとに前記温度調整手段を制御して該所望の波長に制御することを特徴とする請求項 1～4 のいずれか一つに記載の半導体レーザ装置。

【請求項 7】 前記関係は、同種の構造および動作を有する複数の半導体レーザ装置群に共通した制御関数であり、1 以上の駆動電流に対する検出温度の設定によって当該半導体レーザ装置に固有の制御関数として決定されることを特徴とする請求項 1～6 のいずれか一つに記載の半導体レーザ装置。

【請求項 8】 前記制御関数は、前記検出温度が前記駆動電流の一次関数であることを特徴とする請求項 7 に記載の半導体レーザ装置。

【請求項 9】 前記制御関数は、前記検出温度が前記駆動電流の 2 次関数であることを特徴とする請求項 7 に記載の半導体レーザ装置。

【請求項 10】 半導体レーザ素子の近傍に設けられた温度測定素子が検出した温度をもとに該半導体レーザ素子の温度制御を行って該半導体レーザ素子が発振するレーザ光の波長制御を行う半導体レーザ装置の駆動制御方法において、

前記半導体レーザ素子が発振するレーザ光の波長がほぼ一定となる前記駆動電流と前記温度測定素子が検出する検出温度との関係を求める関係取得工程と、

前記半導体レーザ素子に加えられる駆動電流の変化を検出する電流検出工程と

前記電流検出工程が検出した駆動電流の値に対する前記温度測定素子の検出温度が前記関係を満足させるように前記半導体レーザ素子の温度を制御する温度制御工程と、

を含むことを特徴とする半導体レーザ装置の駆動制御方法。

【請求項 11】 前記関係は、前記半導体レーザ素子の活性層温度が一定となる前記駆動電流と前記温度測定素子が検出する検出温度との関係であることを特徴とする請求項 10 に記載の半導体レーザ装置の駆動制御方法。

【請求項 12】 半導体レーザ素子の近傍に設けられた温度測定素子が検出した温度をもとに該半導体レーザ素子の温度制御を行って該半導体レーザ素子が発振するレーザ光の波長制御を行う半導体レーザ装置の駆動制御方法において、

前記半導体レーザ素子が発振するレーザ光の波長がほぼ一定となる前記駆動電

流と前記温度測定素子が検出する検出温度との関係を複数求める関係取得工程と

、
所望の波長を設定入力する設定入力工程と、

現在用いている 1 つの前記関係から、前記設定入力工程によって入力設定された所望の波長に対応する他の前記関係にシフトする関係シフト工程と、

前記半導体レーザ素子に加えられる駆動電流の変化を検出する電流検出工程と

、
前記関係シフト工程によってシフトした関係および前記電流検出工程が検出した駆動電流の値に対する検出温度が、前記関係シフト工程によってシフトした関係を満足させるように前記半導体素子の温度を制御する温度制御工程と、

を含むことを特徴とする半導体レーザ装置の駆動制御方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

この発明は、ラマン増幅器励起用光源や E D F A 励起用光源などの光ファイバ増幅器励起用光源に適し、安定した波長のレーザ光を出力することができる半導体レーザ装置および半導体レーザ装置の駆動制御方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

従来から、回折格子を内蔵する分布帰還型 (D F B) レーザ素子などを用い、信号光としてのレーザ光を出力する半導体レーザ装置では、信号光であるがゆえに、高い波長精度が要求され、たとえば $\pm 0.1 \text{ nm}$ 以下の高精度が要求される。このため、波長の制御を行う、いわゆる波長ロック装置は、出力されたレーザ光の波長をモニタし、このモニタした波長が所望の波長となるようにフィードバック制御し、安定した波長をもつレーザ光を出力させていた。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、波長ロック装置は、出力されたレーザ光の波長をモニタするため、大型、複雑しかも高価な光学系および制御ユニットを必要とし、半導体レー

ザ装置の小型軽量化を阻害するとともに、コストがかかるという問題点があった。

【0004】

なお、信号光としてのレーザ光を出力する半導体レーザ装置に印加される駆動電流は、たとえば80mA程度の小さな値であるが、ラマン増幅器の励起用光源として用いられる回折格子を内蔵したDFBレーザ素子などでは、駆動電流が1000mA程度変化し、300mW以上の高出力レーザ光を出射する。このため、駆動電流の増大に伴って活性層の温度が上昇し、発振波長が長波長側にシフトする傾向があり、ラマン増幅器の励起用光源として用いられる半導体レーザ装置は、±0.5nm程度の精度をもった波長制御を行う必要がある。

【0005】

また、一般にラマン増幅器励起用光源では、複数の半導体レーザ装置を所定波長間隔で発振波長を制御することによって上述した平坦な増幅特性を得るようにしているが、増幅対象の光入力小さい場合と大きい場合とによって増幅率が変化してしまうため、光入力の大小に対応させてラマン増幅器励起用光源の光出力を増減させるようにしていた。すなわち、ラマン増幅器励起用光源の駆動電流を増減させるようにしていた。この結果、上述したように、活性層の温度が変化し、発振波長がシフトし、結局、平坦な増幅特性を得ることができなかった。

【0006】

この発明は上記に鑑みてなされたもので、駆動電流の大きな増減にも関わらず、波長モニタを必要とせず、簡単な構成で、小型かつ安価に、安定した発振波長を得ることができる半導体レーザ装置および半導体レーザ装置の駆動制御方法を提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するため、請求項1にかかる半導体レーザ装置は、半導体レーザ素子の近傍に設けられた温度測定素子が検出した温度をもとに該半導体レーザ素子の温度制御を行って該半導体レーザ素子が発振するレーザ光の波長制御を行う半導体レーザ装置において、前記半導体レーザ素子の冷却および加熱を行う温

度調整手段と、前記半導体レーザ素子に加えられる駆動電流の変化を検出する電流検出手段と、前記半導体レーザ素子が発振するレーザ光の波長がほぼ一定となる前記駆動電流と前記温度測定素子が検出する検出温度との関係をもとに、前記電流検出手段が検出した駆動電流の値に対する前記温度測定素子の検出温度が前記関係を満足させるように前記温度調整手段を制御する温度制御手段とを備えたことを特徴とする。

【 0 0 0 8 】

この請求項 1 の発明によれば、温度制御手段が、予め半導体レーザ素子が発振するレーザ光の波長がほぼ一定となる前記駆動電流と前記温度測定素子が検出する検出温度との関係を保持しておき、電流検出手段が検出した駆動電流の値に対する前記温度測定素子の検出温度が前記関係を満足させるように温度調整手段を制御し、これによって、駆動電流の増減に関わらず、レーザ光の波長を一定にするようにしている。

【 0 0 0 9 】

また、請求項 2 にかかる半導体レーザ装置は、上記の発明において、前記温度制御手段は、前記電流検出手段が検出した駆動電流の増加に伴って前記温度測定素子の検出温度を下げるように前記温度調整手段を制御して前記関係を維持させることを特徴とする。

【 0 0 1 0 】

この請求項 2 の発明によれば、前記温度制御手段が、前記電流検出手段が検出した駆動電流の増加に伴って前記温度測定素子の検出温度を下げるように前記温度調整手段を制御して前記関係を維持させるようにしている。

【 0 0 1 1 】

また、請求項 3 にかかる半導体レーザ装置は、上記の発明において、前記半導体レーザ素子は、回折格子を内蔵し、複数の縦モードを発振することを特徴とする。

【 0 0 1 2 】

この請求項 3 の発明によれば、前記半導体レーザ素子を、回折格子を内蔵し、複数の縦モードを発振する半導体レーザ素子としている。

【0 0 1 3】

また、請求項4にかかる半導体レーザ装置は、上記の発明において、前記関係は、前記半導体レーザ素子の活性層温度がほぼ一定となる前記駆動電流と前記温度測定素子が検出する検出温度との関係であることを特徴とする。

【0 0 1 4】

この請求項4の発明によれば、半導体レーザ素子が発振するレーザ光の波長がほぼ一定となる前記駆動電流と前記温度測定素子が検出する検出温度との関係を、前記半導体レーザ素子の活性層温度がほぼ一定となる前記駆動電流と前記温度測定素子が検出する検出温度との関係として求めるようにしている。

【0 0 1 5】

また、請求項5にかかる半導体レーザ装置は、上記の発明において、前記温度制御手段は、前記関係を保持した記憶手段を備えたことを特徴とする。

【0 0 1 6】

この請求項5の発明によれば、前記温度制御手段の記憶手段に、前記関係を保持させ、この関係をもとに、各半導体レーザ装置に対する発振波長の駆動電流依存性をなくす温度制御を行うようにしている。

【0 0 1 7】

また、請求項6にかかる半導体レーザ装置は、上記の発明において、所望の波長を入力設定する設定手段と、複数の前記関係を保持した記憶手段とを備え、前記温度制御手段は、現在用いている1つの前記関係から、前記設定手段によって入力設定された所望の波長に対応する他の前記関係にシフトし、該シフトした関係をもとに前記温度調整手段を制御して該所望の波長に制御することを特徴とする。

【0 0 1 8】

この請求項6の発明によれば、前記温度制御手段が、現在用いている1つの前記関係から、設定手段によって入力設定された所望の波長に対応する他の前記関係にシフトし、該シフトした関係をもとに前記温度調整手段を制御して該所望の波長に制御するようにしている。

【0 0 1 9】

また、請求項7にかかる半導体レーザ装置は、上記の発明において、前記関係は、同種の構造および動作を有する複数の半導体レーザ装置群に共通した制御関数であり、1以上の駆動電流に対する検出温度の設定によって当該半導体レーザ装置に固有の制御関数として決定されることを特徴とする。

【0020】

この請求項7の発明によれば、前記関係を、同種の構造および動作を有する複数の半導体レーザ装置群に共通した制御関数とし、1以上の駆動電流に対する検出温度の設定によって当該半導体レーザ装置に固有の制御関数として決定するようにしている。

【0021】

また、請求項8にかかる半導体レーザ装置は、上記の発明において、前記制御関数は、前記検出温度が前記駆動電流の一次関数であることを特徴とする。

【0022】

この請求項8の発明によれば、前記制御関数を、前記検出温度が前記駆動電流の一次関数として簡易な温度制御を行うようにしている。

【0023】

また、請求項9にかかる半導体レーザ装置は、上記の発明において、前記制御関数は、前記検出温度が前記駆動電流の2次関数であることを特徴とする。

【0024】

この請求項9の発明によれば、活性層における電力消費に対応させて、前記制御関数を、前記検出温度が前記駆動電流の2次関数としている。

【0025】

また、請求項10にかかる半導体レーザ装置の駆動制御方法は、半導体レーザ素子の近傍に設けられた温度測定素子が検出した温度をもとに該半導体レーザ素子の温度制御を行って該半導体レーザ素子が発振するレーザ光の波長制御を行う半導体レーザ装置の駆動制御方法において、前記半導体レーザ素子が発振するレーザ光の波長がほぼ一定となる前記駆動電流と前記温度測定素子が検出する検出温度との関係を求める関係取得工程と、前記半導体レーザ素子に加えられる駆動電流の変化を検出する電流検出工程と、前記電流検出工程が検出した駆動電流の

値に対する前記温度測定素子の検出温度が前記関係を満足させるように前記半導体レーザ素子の温度を制御する温度制御工程とを含むことを特徴とする。

【 0 0 2 6 】

この請求項 1 0 の発明によれば、まず、関係取得工程によって、前記半導体レーザ素子が発振するレーザ光の波長がほぼ一定となる前記駆動電流と前記温度測定素子が検出する検出温度との関係を求め、電流検出工程によって、前記半導体レーザ素子に加えられる駆動電流の変化を検出すると、温度制御工程が、前記電流検出工程が検出した駆動電流の値に対する前記温度測定素子の検出温度が前記関係を満足させるように前記半導体レーザ素子の温度を制御する処理を繰り返すようにしている。

【 0 0 2 7 】

また、請求項 1 1 にかかる半導体レーザ装置の駆動制御方法は、上記の発明において、前記関係は、前記半導体レーザ素子の活性層温度が一定となる前記駆動電流と前記温度測定素子が検出する検出温度との関係であることを特徴とする。

【 0 0 2 8 】

この請求項 1 1 の発明によれば、前記関係を、前記半導体レーザ素子の活性層温度が一定となる前記駆動電流と前記温度測定素子が検出する検出温度との関係として求めている。

【 0 0 2 9 】

また、請求項 1 2 にかかる半導体レーザ装置の駆動制御方法は、半導体レーザ素子の近傍に設けられた温度測定素子が検出した温度をもとに該半導体レーザ素子の温度制御を行って該半導体レーザ素子が発振するレーザ光の波長制御を行う半導体レーザ装置の駆動制御方法において、前記半導体レーザ素子が発振するレーザ光の波長がほぼ一定となる前記駆動電流と前記温度測定素子が検出する検出温度との関係を複数求める関係取得工程と、所望の波長を設定入力する設定入力工程と、現在用いている 1 つの前記関係から、前記設定入力工程によって入力設定された所望の波長に対応する他の前記関係にシフトする関係シフト工程と、前記半導体レーザ素子に加えられる駆動電流の変化を検出する電流検出工程と、前記関係シフト工程によってシフトした関係および前記電流検出工程が検出した駆

動電流の値に対する検出温度が、前記関係シフト工程によってシフトした関係を満足させるように前記半導体素子の温度を制御する温度制御工程とを含むことを特徴とする。

【0030】

この請求項12の発明によれば、関係取得工程によって、前記半導体レーザ素子が発振するレーザ光の波長がほぼ一定となる前記駆動電流と前記温度測定素子が検出する検出温度との関係を複数求め、設定入力工程によって、所望の波長を設定入力し、関係シフト工程によって、現在用いている1つの前記関係から、前記設定入力工程によって入力設定された所望の波長に対応する他の前記関係にシフトし、電流検出工程によって、前記半導体レーザ素子に加えられる駆動電流の変化を検出し、温度制御工程によって、前記関係シフト工程によってシフトした関係および前記電流検出工程が検出した駆動電流の値に対する検出温度が、前記関係シフト工程によってシフトした関係を満足させるように前記半導体素子の温度を制御するようにしている。

【0031】

【発明の実施の形態】

以下に添付図面を参照して、この発明にかかる半導体レーザ装置および半導体レーザ装置の駆動制御方法の好適な実施の形態について説明する。

【0032】

（実施の形態1）

図1は、この発明の実施の形態1である半導体レーザ装置の構成を示す図である。図1において、この半導体レーザ装置1は、金属薄膜4aを介してサブマウント4上に配置された半導体レーザ素子2を有する。この半導体レーザ素子2は、駆動電流 I_{op} を半導体レーザ素子2に加えることによって、活性層3から所望の波長のレーザ光が発振出力される。なお、この半導体レーザ素子2は、活性層3の近傍に回折格子3aが設けられ、所望の波長選択が行われる。さらに、駆動電流 I_{op} は、可変電源10によって供給され、電流検出器11によって検出される。この電流検出器11によって検出された駆動電流 I_{op} は、温度制御部12に出力される。

【 0 0 3 3 】

一方、温度測定素子 5 は、サーミスタなどによって実現され、半導体レーザ素子 2 の近傍において、金属薄膜 6 a を介してサブマウント 6 上に配置される。温度測定素子 5 は、温度制御部 1 2 に接続され、温度制御部 1 2 は、温度測定素子 5 が検出した温度 T_s を取得する。

【 0 0 3 4 】

サブマウント 4, 6 は、良熱伝導性かつ絶縁性の材料によって形成され、ヒートシンク 7 上に配置される。ヒートシンク 7 は、さらにベース 8 上に配置され、このベース 8 の下部には、温度調整手段としてのペルチェクーラ 9 が設置される。

【 0 0 3 5 】

温度制御部 1 2 は、後述する制御関数を保持する記憶部 1 3 を有し、この制御関数に、電流検出器 1 1 が検出した駆動電流 I_{op} を入力とし、出力された温度が、温度測定素子 5 の温度となるようにペルチェクーラ 9 を制御する。すなわち、温度制御部 1 2 は、ペルチェクーラ 9 への通電方向と通電量とを制御し、ペルチェクーラ 9 による冷却動作および加熱動作を行い、温度測定素子 5 の検出温度が、制御関数に対応した値となるように温度制御する。

【 0 0 3 6 】

ここで、上述した制御関数について説明する。図 2 は、温度制御部 1 2 の記憶部 1 3 に記憶される制御関数 $FS_1 \sim FS_3$ の一例を示す図である。図 2 において、直線 L_1 は、駆動電流 I_{op} の増減に関わらず、温度測定素子 5 が検出する温度 T_s を一定の温度、たとえば 25°C に制御する場合を示している。これに対し、この実施の形態では、駆動電流 I_{op} の増減に対し、活性層 3 の温度 T_j が常に一定となる（直線 L_2 参照）温度測定素子 5 の温度 T_s の関係である制御関数 $FS_1 \sim FS_3$ 、たとえば制御関数 FS_2 を求め、駆動電流 I_{op} の値を制御関数 FS_2 に入力した場合の温度が、温度測定素子 5 の温度 T_s となるように、ペルチェクーラ 9 を制御するようにしている。

【 0 0 3 7 】

温度制御部 1 2 は、たとえば制御関数 FS_2 の関係を維持するように、ペルチ

ェクーラ 9 に対する電流 I_c の電流方向および電流量を変化させ、これによって活性層 3 の温度 T_j を一定にする温度制御を行う。また、制御関数 $FS1$, $FS3$ が設定されている場合には、この制御関数 $FS1$, $FS3$ の関係を維持するように温度制御が行われる。

【0038】

制御関数 $FS1 \sim FS3$ は、駆動電流 I_{op} の駆動範囲 I_a で定義される。制御関数 $FS2$ は、まず、駆動電流 I_{op} が 900 mA のときの温度 T_{s1} ($=25^\circ\text{C}$) の波長 λ_2 ($=1499\text{ nm}$) を測定し、その後、駆動電流 I_{op} が 100 mA のときに波長 λ_2 を発振する温度 T_{s2} ($=48^\circ\text{C}$) を測定し、駆動電流 I_{op} が 900 mA のときの温度 T_{s1} の座標 $CP2$ と、駆動電流 I_{op} が 100 mA のときの温度 T_{s2} の座標 $CP2'$ とを結ぶ直線である。

【0039】

同様にして、制御関数 $FS1$ は、駆動電流 I_{op} が 1200 mA のときの温度 (25°C) の波長 λ_1 ($=1500.1\text{ nm}$) を測定し、その後、駆動電流 I_{op} が 100 mA のときに波長 λ_1 を発振する温度 (56°C) を測定し、駆動電流 I_{op} が 1200 mA のときの温度 (25°C) の座標 $CP1$ と、駆動電流 I_{op} が 100 mA のときの温度 (56°C) の座標 $CP1'$ とを結ぶ直線として求められる。また、制御関数 $FS3$ は、駆動電流 I_{op} が 300 mA のときの温度 (25°C) の波長 λ_3 ($=1497.7\text{ nm}$) を測定し、その後、駆動電流 I_{op} が 900 mA および波長 λ_3 を発振する温度 (7°C) を測定し、駆動電流 I_{op} が 300 mA のときの温度 (25°C) の座標 $CP3$ と、駆動電流 I_{op} が 900 mA のときの温度 (7°C) の座標 $CP3'$ とを結ぶ直線として求められる。

【0040】

これら制御関数 $FS1 \sim FS3$ は、活性層 3 の温度 T_j が一定となる特性ではないが、活性層 3 自体の温度 T_j は測定できないため、活性層 3 自体の温度とほぼ等価な結果として現れるレーザ光の波長を測定し、この波長が一定となる特性として求められている。

【0041】

制御関数 $FS1 \sim FS3$ のいずれか一つが記憶部 13 に記憶され、温度制御部

12は、電流検出器11が検出した駆動電流 I_{op} および温度測定素子5が検出した検出温度 T_s をもとに、記憶部13に記憶された制御関数、たとえば制御関数 FS_2 を満足する検出温度 T_s となるようにパルチェクーラ9を駆動制御する。

【0042】

この制御関数 FS_2 による温度制御を行うことによって、発振波長は波長 λ_2 に一定となることから、発振波長のシフトに伴う発振波長のジャンプがなくなり、電流－出力特性上のキックが減少し、発振波長の動的安定性も得ることができる。また、制御関数 FS_1 、 FS_3 に基づいた温度制御を行うことによって、それぞれ一定の発振波長 λ_1 、 λ_3 に波長制御することができる。

【0043】

図3は、制御関数 $FS_1 \sim FS_3$ に基づいた波長制御結果を示す図である。図3において、特性 L_3 は、直線 L_1 に基づいて温度制御を行った場合における発振波長 λ の変化を示しており、駆動電流 I_{op} が100mA～1200mAに増大するに従って発振波長 λ が長波長側にシフトし、約2nmシフトしている。これに対して、制御関数 $FS_1 \sim FS_3$ に基づいて温度制御を行った場合には、駆動電流 I_{op} が100mA～1200mAに増大しても、それぞれ一定の発振波長 $\lambda_1 \sim \lambda_3$ を維持している。たとえば、制御関数 FS_2 に基づいた温度制御を行った場合における波長は、 $\lambda_2 \pm 0.5$ nmの精度を維持し、安定した波長のレーザー光を出力することができる。なお、図2および図3に示した黒い四角印および黒いひし形印は、それぞれ実測値である。

【0044】

この場合、波長モニタを行っていないので光学系を必要とせず、安価な半導体レーザー装置を実現できるとともに、半導体レーザー装置の構成が簡単化かつ小型化される。

【0045】

ところで、図2に示した制御関数 FS_1 は、一次関数であったが、図4に示すように、二次関数の制御関数 FS_{11} としてもよい。一般に、駆動電流 I_{op} の増大に伴う活性層3の温度上昇は、レーザー発振に消費される電力と、活性層3の抵抗によって消費される電力とに別れ、この活性層3の抵抗に消費される電力は、

この抵抗に、駆動電流 I_{op} の二乗を乗算した値であることから、駆動電流 I_{op} に対する活性層 3 の温度変化は、二乗変化するものと考えられる。すなわち、活性層 3 のビルトイン電圧を「 V_0 」とし、活性層 3 のレーザ素子の直列抵抗を「 R 」として、駆動電圧 V の駆動電流 I_{op} を半導体レーザ装置に与えると、全電力 W は、

$$\begin{aligned} W &= I_{op} \cdot V \\ &= (V_0 + R \cdot I_{op}) \cdot I_{op} \\ &= V_0 R + I_{op}^2 R \end{aligned}$$

となる。この全電力 W の 80～90% はジュール熱に変わるため、活性層 3 の温度変化は、駆動電流 I_{op} の 2 次関数となる。したがって、二次関数の制御関数 F_{S2} とすることによって、一層、発振波長の安定化を実現することができる。

【0046】

また、図 5 に示すように、制御関数は、任意の制御関数 $F_S(I_{op})$ としてもよい。一般に、制御関数は、半導体レーザ装置 1 の構造や動作によって、レーザ発振効率の特性が大きく変化するため、それぞれの半導体レーザ装置の種別に応じた制御関数 $F_S(I_{op})$ を定義して用いるようにしてもよい。この場合、さらに、個々の半導体レーザ装置 1 の制御関数 $F_S(I_{op})$ を、個々の半導体レーザ装置 1 における駆動電流 I_α とこのときの温度測定素子 5 の検出温度 T_α との点 P_1 を実測し、この実測結果をもとに制御関数 $F_S(I_{op})$ を最終的に決定するようにしてもよい。また、1 点に限らず、他の点 P_2 をも加え、近似処理を施して、制御関数 $F_S(I_{op})$ を決定するようにしてもよい。この場合、さらに精度の高い制御関数を得ることができる。

【0047】

なお、図 2 および図 3 に示した制御関数 F_{S2} に基づいた温度制御において、図 3 に示した波長ずれを補正する値を、制御関数 F_{S2} に加えた新たな制御関数とすることによって、個々の半導体レーザ装置の波長制御を一層精度良く行うことができる。

【0048】

ここで、図 6 に示すフローチャートを参照して、この発明の実施の形態による

半導体レーザ装置の駆動制御方法について説明する。図6において、まず、半導体レーザ装置1に駆動範囲I_a内において駆動電流I_αを加え、このときに検出される温度測定素子5の検出温度T_α（点P₁）を取得し、さらに、他の駆動電流I_βを加え、このときに検出される温度測定素子5の検出温度T_β（点P₂）を取得し、この2点P₁、P₂間を結ぶ直線を制御関数として決定する（ステップS101）。この点P₁、P₂を取得する場合、発振波長が同じとなるように、ペルチェクーラ9を制御する。その後、この決定した制御関数を記憶部13に記憶する（ステップS102）。これらステップS101、S102の処理は、事前に行っておく。

【0049】

その後、実際に半導体レーザ装置1を駆動する場合、温度制御部は、電流検出器11が検出する駆動電流I_{op}を検出し（ステップS103）、この検出した駆動電流I_{op}を、記憶部13に記憶されている制御関数に当てはめ、このときの電流値が、温度測定素子5の検出温度T_sとなるように、ペルチェクーラ9を制御する（ステップS104）。その後、ステップS103に以降し、さらに駆動電流I_{op}を検出し、ステップS103、S104の処理を繰り返す。これによって、駆動電流I_{op}が変化しても、発振波長はシフトしない。

【0050】

ところで、図1に示した半導体レーザ素子2は、回折格子3aなどに波長選択の揺らぎを持たせるなどして、複数本の縦モード発振を行うようにし、これによって、ラマン増幅器励起用光源として用いることを前提としている（特願2000-323118号参照）が、これに限らず、他の光ファイバ増幅器励起用光源、たとえばEDFA励起用光源にも適用することができることはもちろん、半導体レーザ素子一般にも適用できる。

【0051】

特に、ラマン増幅器励起用光源として複数の半導体レーザ装置1を用いる場合、駆動電流I_{op}の増減にも関わらず、発振波長が変化しないため、各半導体レーザ装置1の合成による増幅利得の波長依存性が平坦性を維持したままとなり、良好な増幅特性を維持することができる。

【0052】

(実施の形態2)

つぎに、この発明の実施の形態2について説明する。上述した実施の形態1では、記憶部13に1つの制御関数を記憶させておき、この制御関数を満足する検出温度 T_s となるように、ペルチェクーラ9を駆動制御していたが、この実施の形態3では、複数の発振波長に対応した複数の制御関数を保持し、レーザ光の微小波長制御を積極的に行うものである。

【0053】

図7は、この発明の実施の形態2である半導体レーザ装置の概要構成を示す図である。図7において、温度制御部22は、温度制御部12に対応し、記憶部23を有するとともに、波長設定部24を有する。記憶部23は、記憶部13に対応するが、記憶部13と異なり、複数の制御関数、すなわち制御関数群 FSS を保持している。波長設定部24には、制御したい所望の波長が設定入力される。

【0054】

温度制御部22は、波長設定部24によって設定された波長に対応する制御関数を取り出し、制御対象の制御関数をこの制御関数に変更し、この変更された制御関数を満足する温度制御を行う。たとえば、図8において、現在の制御関数が制御関数 $FS2$ であって、波長設定部24によって設定された波長が λ_1 である場合、温度制御部22は、現在の制御関数 $FS2$ から制御関数 $FS1$ に変更し、その後制御関数 $FS1$ によって温度制御を行う。この結果、たとえば駆動電流 I_{op} が500mAでかつ波長 λ_2 であり、駆動電流 I_{op} が変化しない場合、温度 ΔT 1分(10℃分)高い検出温度 T_s になるように温度制御され、波長 λ_1 のレーザ光が出力される。同様にして、波長 λ_3 が設定された場合、制御関数 $FS3$ に変更され、現在の駆動電流 I_{op} が1000mAでかつ波長 λ_2 であり、駆動電流 I_{op} が変化しない場合、温度 ΔT 2分(18℃分)低い検出温度 T_s になるように温度制御され、波長 λ_3 のレーザ光が出力される。なお、駆動電流 I_{op} が異なる場合であっても、変更された制御関数に従って温度制御される。

【0055】

ここで、図9に示したフローチャートをもとに温度制御部22による温度制御

処理手順について説明する。図 9 において、予め、図 8 に示すような制御関数群 FSS を求め、記憶部 23 に設定保持する（ステップ S 2 0 1）。その後、発振波長 λ の設定入力によって（ステップ S 2 0 2）、温度制御部 22 は、設定入力された発振波長に対応する制御関数に基づいた温度制御に移行し（ステップ S 2 0 3）、本処理を終了する。

【0056】

なお、この実施の形態 2 による微小な波長制御は、たとえばラマン増幅器に用いられる励起用光源に適用することができる。この半導体レーザ装置のラマン増幅では、図 10 (a) に示すように、各励起光源の発振波長スペクトル LA1, LA2 内にそれぞれ複数本の発振縦モードを有している。ラマン増幅の利得特性は、約 100 nm 長波長側に現れ、各励起光源に対応した利得特性 LB1, LB2 として現れる。したがって、これら利得特性 LB1, LB2 の合成利得特性は、特性 LC のようになる。しかし、入力される被増幅光の波長帯域にわたって利得特性は平坦であることが要求されるため、利得特性 LC は、さらに平坦化されなければならない。

【0057】

このような場合、上述した微小波長制御を行うことによって、利得特性を平坦化することができる。たとえば、発振波長スペクトル LA2 を短波長側にシフトすると、これに対応する利得特性も短波長側にシフトし、結果として特性 LC の凹部となっていた部分を平坦化することができる。

【0058】

なお、上述した実施の形態 1, 2 では、半導体レーザ素子 2 および温度測定素子 5 がともに、ヒートシンク 7 上に設けられたサブマウント 4, 6 を介して設置されているが、これに限らず、サブマウント 4, 6 を削除し、半導体レーザ素子 2 および温度測定素子 5 をともに、ヒートシンク 7 上に直接設置するようにしてもよい。あるいは、サブマウント 4, 6 を一体化し、この一体化したサブマウント上に半導体レーザ素子 2 および温度測定素子 5 を設置するようにしてもよい。これらの場合、温度測定素子 5 と半導体レーザ素子 2 との間の熱伝導性が向上し、温度測定素子 5 が半導体レーザ素子 2 の温度を迅速かつ正確に測定することが

できるため、さらに精度の高い温度制御あるいは波長制御を行うことができる。

【0059】

【発明の効果】

以上説明したように、請求項1の発明によれば、温度制御手段が、予め半導体レーザ素子が発振するレーザ光の波長がほぼ一定となる前記駆動電流と前記温度測定素子が検出する検出温度との関係を保持しておき、電流検出手段が検出した駆動電流の値に対する前記温度測定素子の検出温度が前記関係を満足させるように温度調整手段を制御し、これによって、駆動電流の増減に関わらず、レーザ光の波長を一定にするようにしているので、半導体レーザ素子から出力される発振波長の駆動電流依存性をなくすことができ、発振波長のシフトがない安定した波長のレーザ光を、簡単かつ小型で安価に得ることができるという効果を奏する。

【0060】

また、請求項2の発明によれば、前記温度制御手段が、前記電流検出手段が検出した駆動電流の増加に伴って前記温度測定素子の検出温度を下げるように前記温度調整手段を制御して前記関係を維持させるようにしているので、波長モニタを必要とせず、安定した波長のレーザ光を、簡単かつ小型で安価に得ることができるという効果を奏する。

【0061】

また、請求項3の発明によれば、前記半導体レーザ素子を、回折格子を内蔵し、複数の縦モードを発振する半導体レーザ素子としているので、精度が高く、安定した利得特性を提供できるラマン増幅用励起光源として用いることができるという効果を奏する。

【0062】

また、請求項4の発明によれば、半導体レーザ素子が発振するレーザ光の波長がほぼ一定となる前記駆動電流と前記温度測定素子が検出する検出温度との関係を、前記半導体レーザ素子の活性層温度がほぼ一定となる前記駆動電流と前記温度測定素子が検出する検出温度との関係として求めるようにしているので、発振波長の駆動電流依存性の原因を直接的に取り除くことができるという効果を奏する。

【 0 0 6 3 】

また、請求項 5 の発明によれば、前記温度制御手段の記憶手段に、前記関係を保持させ、この関係をもとに、各半導体レーザ装置に対する発振波長の駆動電流依存性をなくす温度制御を行うようにしているので、各半導体レーザ装置に個々に対応したきめの細かい温度制御を行うことができるという効果を奏する。

【 0 0 6 4 】

また、請求項 6 の発明によれば、前記温度制御手段が、現在用いている 1 つの前記関係から、設定手段によって入力設定された所望の波長に対応する他の前記関係にシフトし、該シフトした関係をもとに前記温度調整手段を制御して該所望の波長に制御するようにしているので、微小な波長制御を精度良く行うことができ、ラマン増幅器の励起用光源として用いた場合、利得特性の平坦化などの利得特性の補正を波長シフトによって行うことができるという効果を奏する。

【 0 0 6 5 】

また、請求項 7 の発明によれば、前記関係を、同種の構造および動作を有する複数の半導体レーザ装置群に共通した制御関数とし、1 以上の駆動電流に対する検出温度の設定によって当該半導体レーザ装置に固有の制御関数として決定するようにしているので、個々の半導体レーザ装置に対応した制御関数を容易にかつ精度高く得ることができ、これによって発振波長の駆動電流依存性を確実になくすことができるという効果を奏する。

【 0 0 6 6 】

また、請求項 8 の発明によれば、前記制御関数を、前記検出温度が前記駆動電流の一次関数として簡易な温度制御を行うようにしているので、簡易な制御によって発振波長の駆動電流依存性をなくすことができるという効果を奏する。

【 0 0 6 7 】

また、請求項 9 の発明によれば、前記制御関数を、活性層における電力消費に対応させ、前記検出温度が前記駆動電流の 2 次関数としているので、簡易な制御によって発振波長の駆動電流依存性を効果的になくすことができるという効果を奏する。

【 0 0 6 8 】

また、請求項 10 の発明によれば、まず、関係取得工程によって、前記半導体レーザ素子が発振するレーザ光の波長がほぼ一定となる前記駆動電流と前記温度測定素子が検出する検出温度との関係を求め、電流検出工程によって、前記半導体レーザ素子に加えられる駆動電流の変化を検出すると、温度制御工程が、前記電流検出工程が検出した駆動電流の値に対する前記温度測定素子の検出温度が前記関係を満足させるように前記半導体レーザ素子の温度を制御する処理を繰り返すようにしているので、半導体レーザ素子から出力される発振波長の駆動電流依存性をなくすことができ、発振波長のシフトがない安定した波長のレーザ光を、簡単かつ小型で安価に得ることができるという効果を奏する。

【0069】

また、請求項 11 の発明によれば、前記関係を、前記半導体レーザ素子の活性層温度が一定となる前記駆動電流と前記温度測定素子が検出する検出温度との関係として求めているので、発振波長の駆動電流依存性の原因を直接的に取り除くことができるという効果を奏する。

【0070】

また、請求項 12 の発明によれば、関係取得工程によって、前記半導体レーザ素子が発振するレーザ光の波長がほぼ一定となる前記駆動電流と前記温度測定素子が検出する検出温度との関係を複数求め、設定入力工程によって、所望の波長を設定入力し、関係シフト工程によって、現在用いている 1 つの前記関係から、前記設定入力工程によって入力設定された所望の波長に対応する他の前記関係にシフトし、電流検出工程によって、前記半導体レーザ素子に加えられる駆動電流の変化を検出し、温度制御工程によって、前記関係シフト工程によってシフトした関係および前記電流検出工程が検出した駆動電流の値に対する検出温度が、前記関係シフト工程によってシフトした関係を満足させるように前記半導体素子の温度を制御するようにしているので、微小な波長制御を精度良く行うことができ、ラマン増幅器の励起用光源として用いた場合、利得特性の平坦化などの利得特性の補正を波長シフトによって行うことができるという効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 この発明の実施の形態 1 である半導体レーザ装置の構成を示す図

である。

【図 2】 図 1 に示した温度制御部の記憶部に記憶される制御関数の一例を示す図である。

【図 3】 図 1 に示した半導体レーザ装置における発振波長の駆動電流依存性を示す図である。

【図 4】 図 1 に示した温度制御部の記憶部に記憶される制御関数を二次関数とした場合の例を示す図である。

【図 5】 図 1 に示した温度制御部の記憶部に記憶される制御関数の他の例を示す図である。

【図 6】 図 1 に示した半導体レーザ装置の駆動制御方法手順を示すフローチャートである。

【図 7】 この発明の実施の形態 2 である半導体レーザ装置の構成を示す図である。

【図 8】 図 7 に示した温度制御部の記憶部に記憶される制御関数群の一例を示す図である。

【図 9】 図 7 に示した半導体レーザ装置の駆動制御方法手順を示すフローチャートである。

【図 10】 図 7 に示した半導体レーザ装置をラマン増幅器用の励起光源に適用した場合における波長制御による利得特性の補正処理を示す図である。

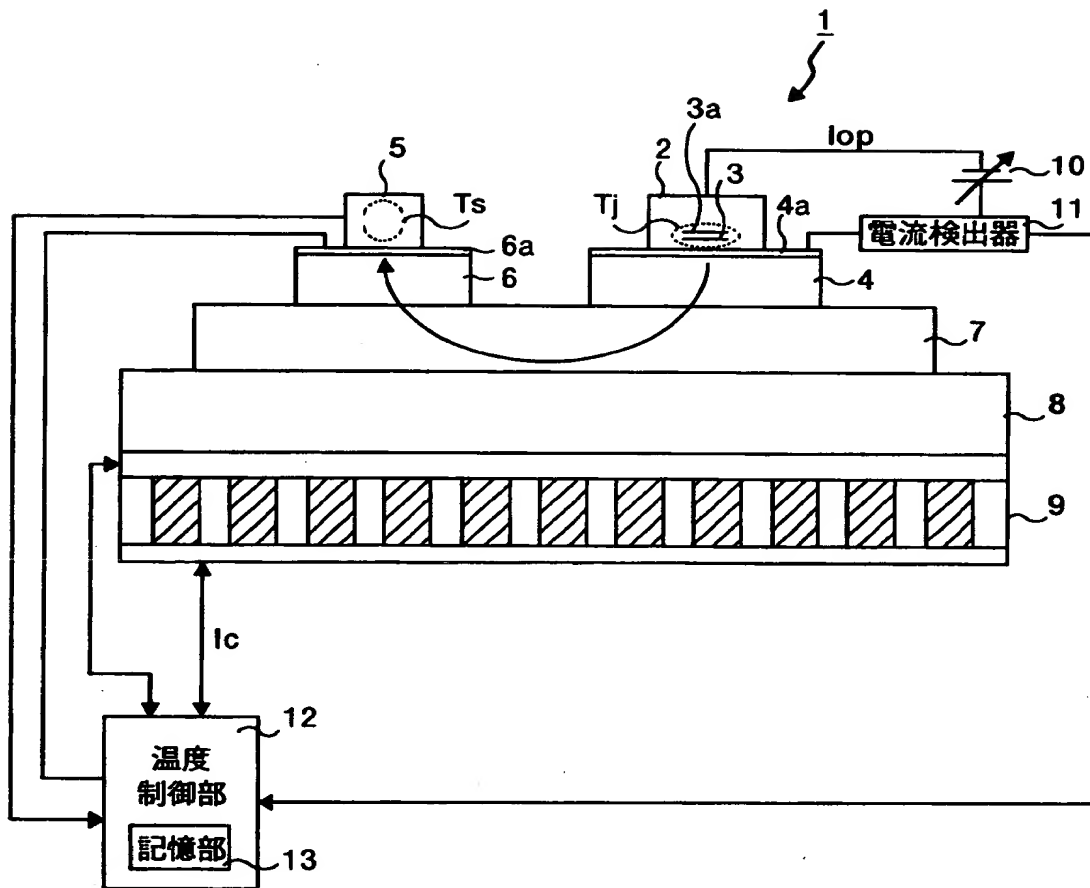
【符号の説明】

- 1 半導体レーザ装置
- 2 半導体レーザ素子
- 3 活性層
- 3 a 回折格子
- 4, 6 サブマウント
- 4 a, 6 a 金属薄膜
- 5 温度測定素子
- 7 ヒートシンク
- 8 ベース

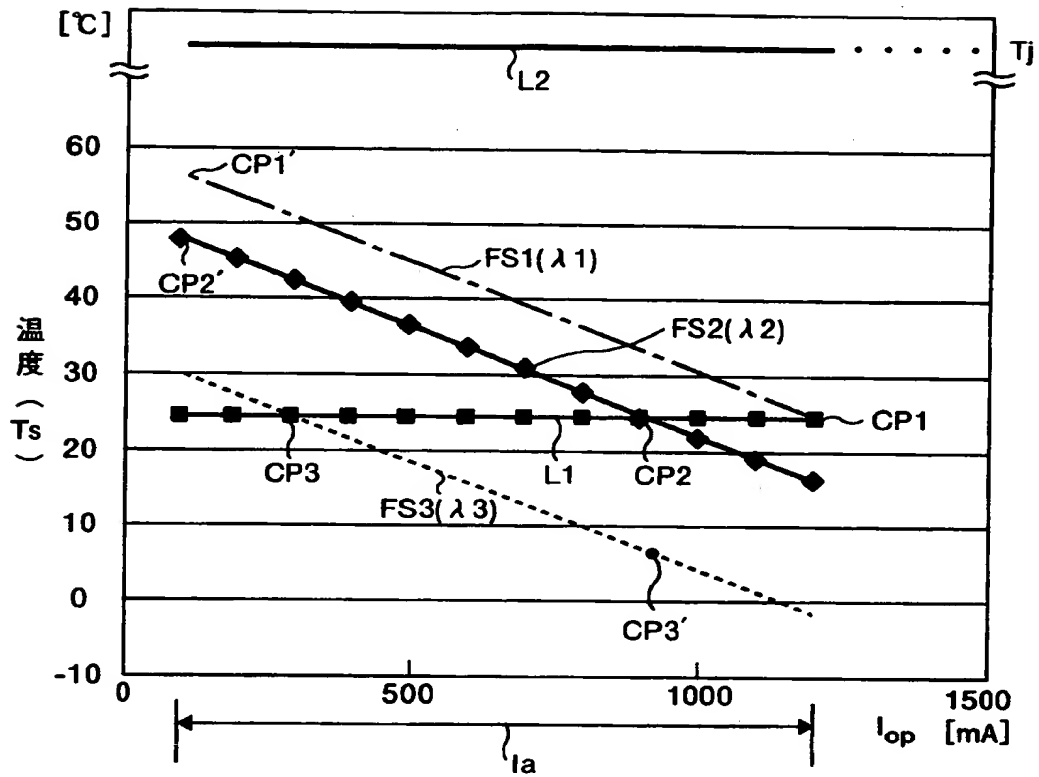
- 9 ペルチェクーラ
- 1 0 可変電源
- 1 1 電流検出器
- 1 2, 2 2 温度制御部
- 1 3, 2 3 記憶部
- 2 4 波長設定部
- F S 1 ~ F S 3 制御関数

【書類名】 図面

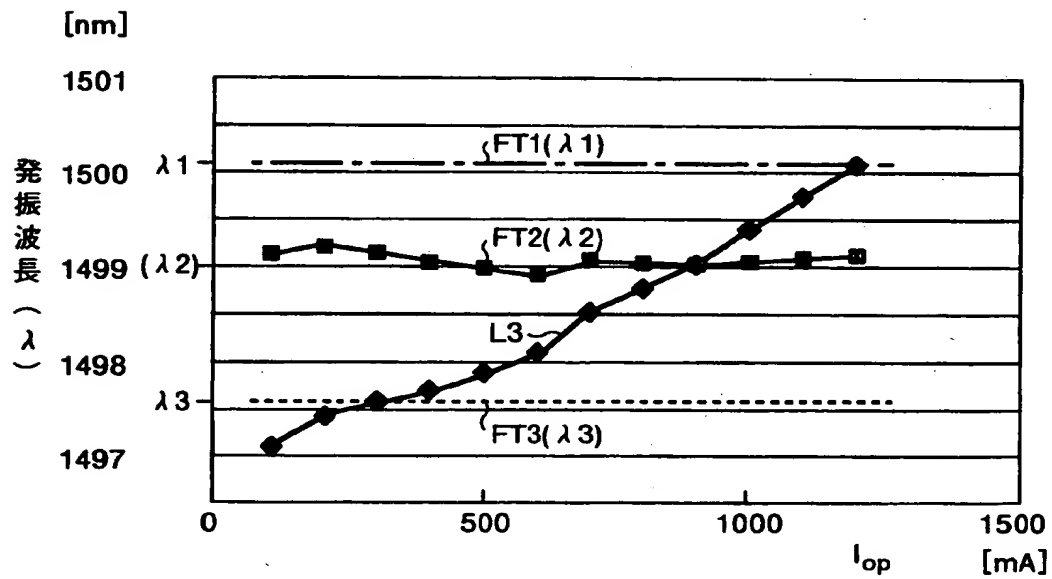
【図 1】



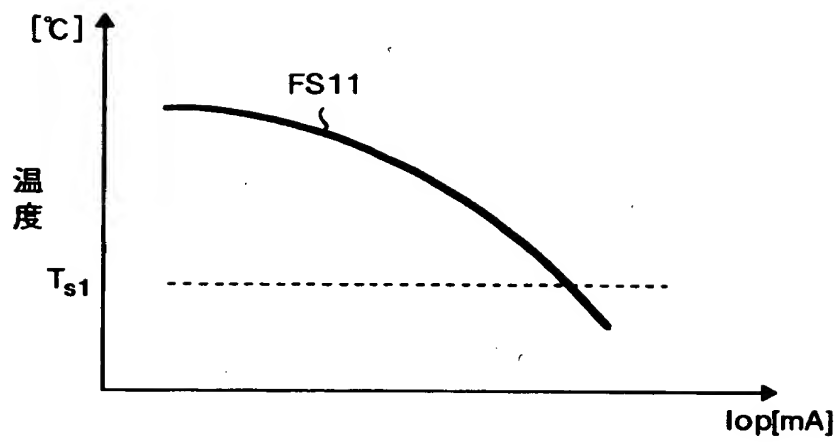
【図 2】



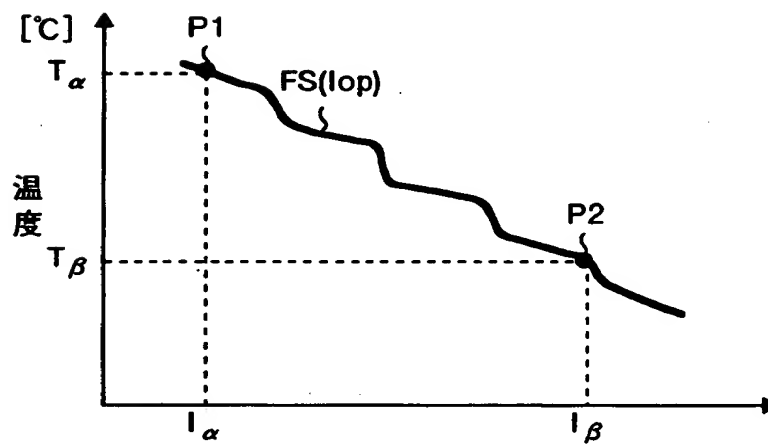
【図 3】



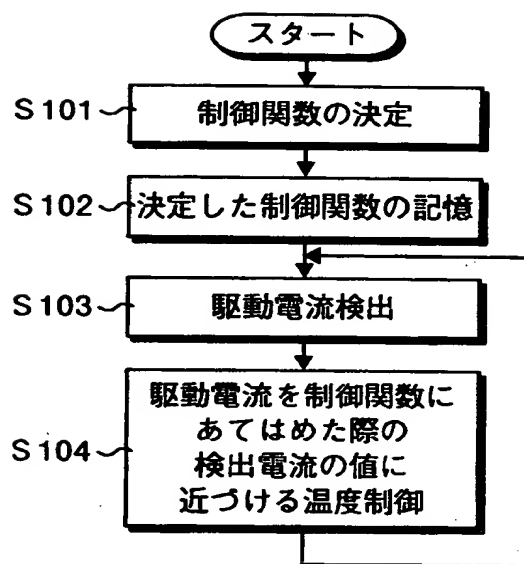
【図 4】



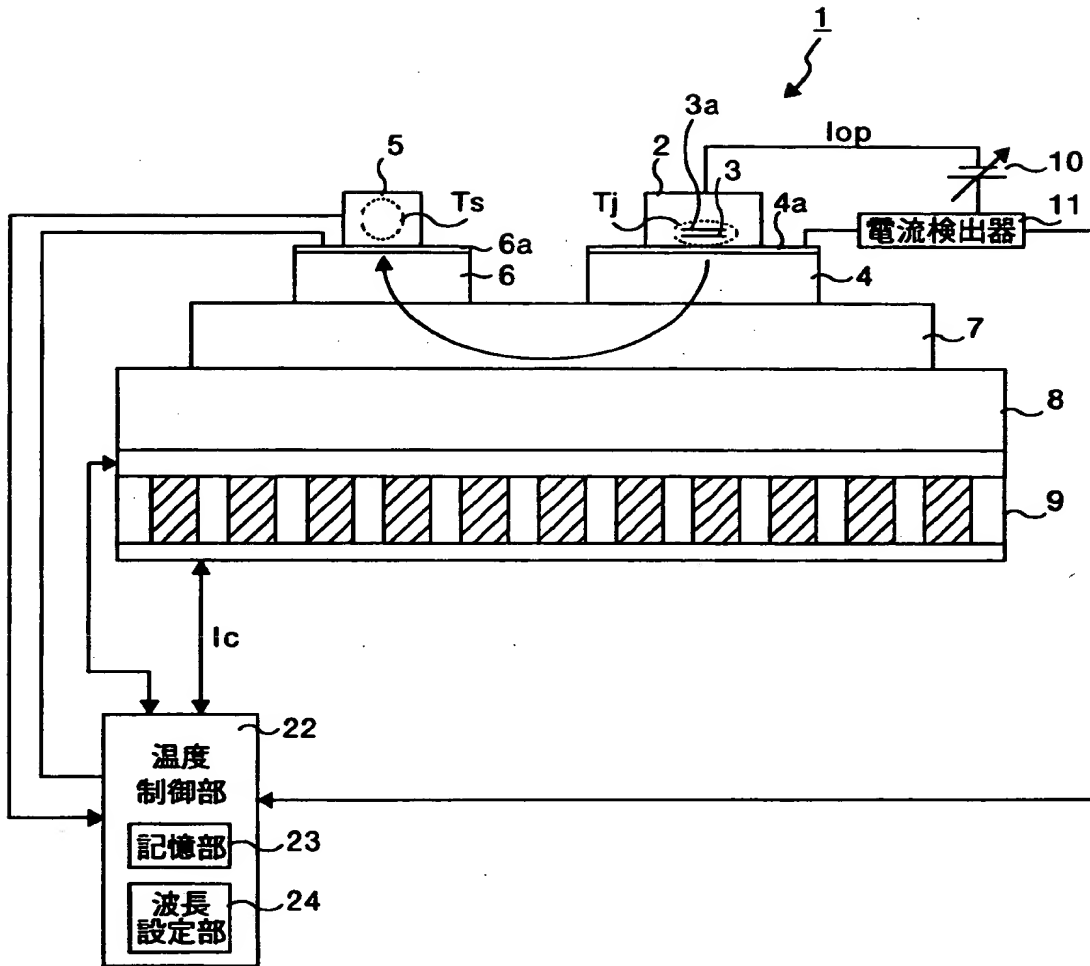
【図 5】



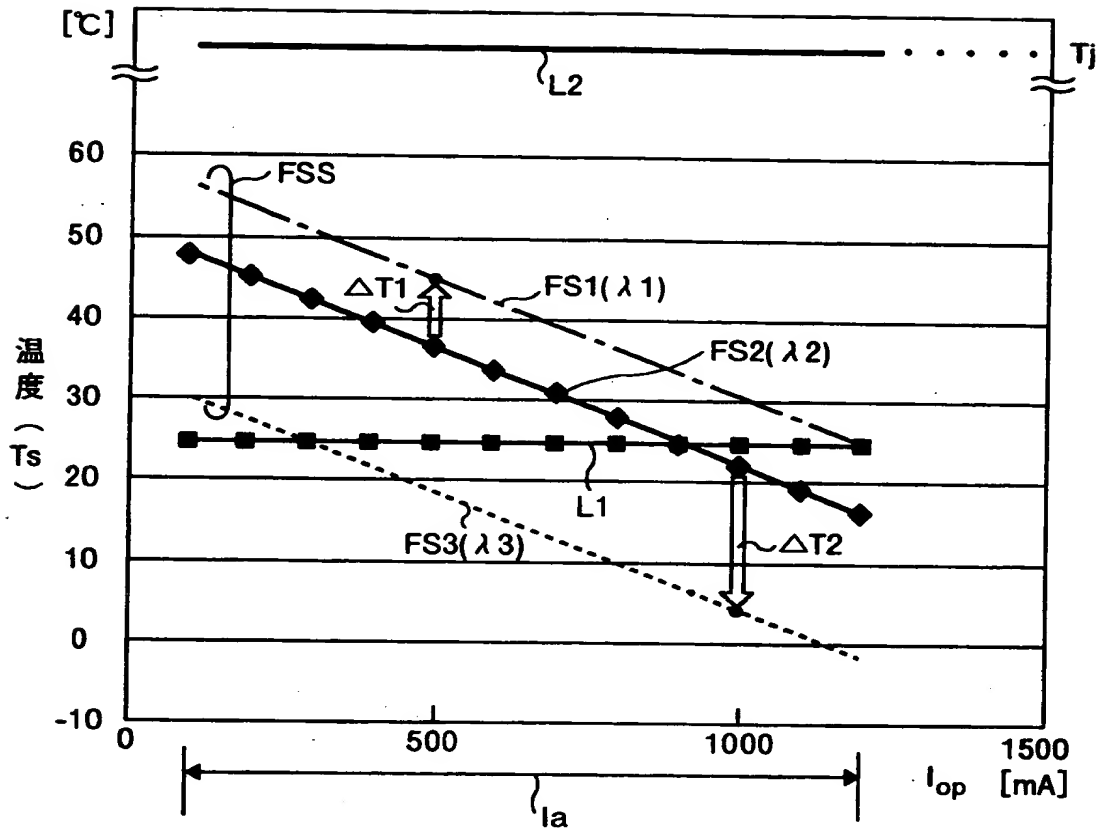
【図 6】



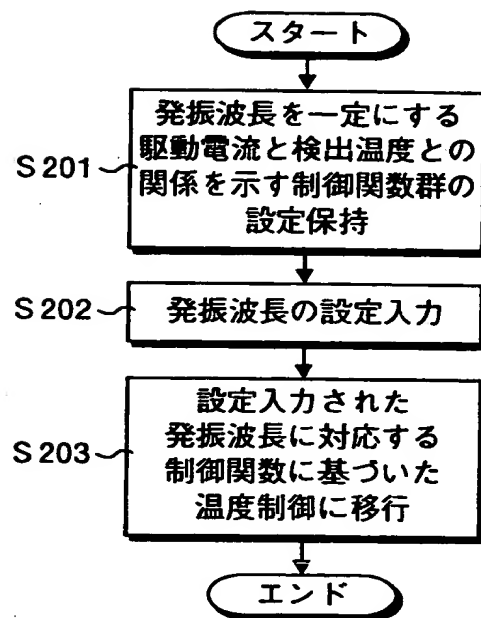
【図 7】



【図 8】

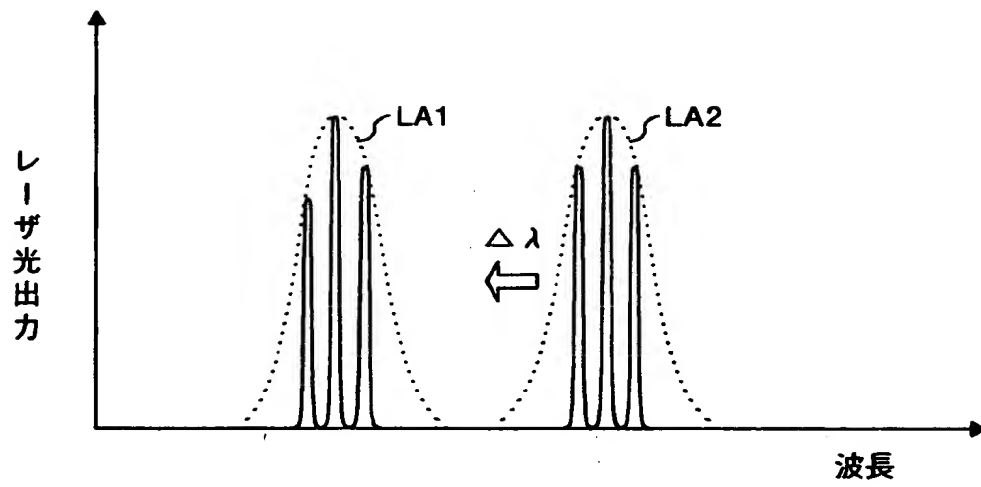


【図 9】

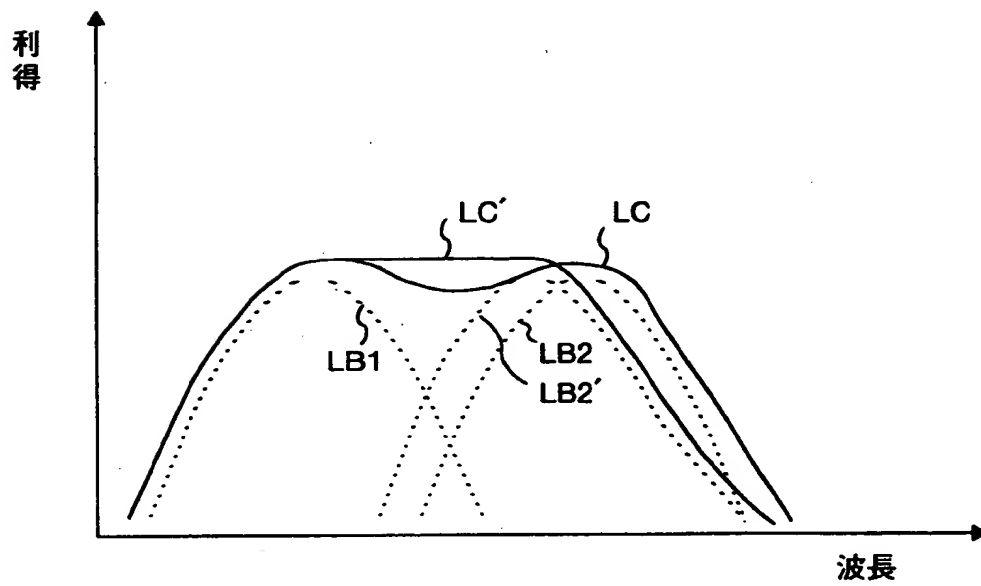


【図 1 0】

(a)



(b)



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 駆動電流の増減にも関わらず、安定した発振波長を、簡易かつ小型しかも安価に得ること。

【解決手段】 半導体レーザ素子 2 の冷却および加熱を行うペルチェクーラ 9 と、半導体レーザ素子 2 に加えられる駆動電流 I_{op} の変化を検出する電流検出器 11 と、半導体レーザ素子 2 が発振するレーザ光の波長がほぼ一定となる駆動電流 I_{op} と温度測定素子 5 が検出する検出温度 T_s との関係をもとに、電流検出器 11 が検出した駆動電流の値に対する温度測定素子 5 の検出温度が、この関係を満足させるようにペルチェクーラ 9 を制御する温度制御部 12 とを備える。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0 0 0 0 0 5 2 9 0]

1. 変更年月日 1 9 9 0 年 8 月 2 9 日
[変更理由] 新規登録
住 所 東京都千代田区丸の内2丁目6番1号
氏 名 古河電気工業株式会社